

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1934

THÈSE

N° 368

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Maurice CHARLES-ALFRED

né le 7 août 1907, à Fort-de-France (Martinique).

De l'Auscultation collective

Président : M. STROHL, professeur.

PARIS

LES PRESSES MODERNES

96, GALERIE BEAUJOLAIS - PALAIS ROYAL (1^{er})

1934

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1934

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Maurice CHARLES-ALFRED

né le 7 août 1907, à Fort-de-France (Martinique).

De l'Auscultation collective

Président : M. STROHL, professeur.

PARIS

LES PRESSES MODERNES

96, GALERIE BEAUJOLAIS - PALAIS ROYAL (1^{er})

1934

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	PROUST.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	Robert DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	CLERC.
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FISSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	ACHARD.
	BEZANÇON.
	CARNOT.
	Marcel LABBÉ.
	LEREBOULET.
	NOBÉCOURT.
Hygiène et clinique de la première enfance	H. CLAUDE.
Clinique des maladies des enfants	GOUGEROT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	GUILLAIN.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	LEMIERRE.
Clinique des maladies du système nerveux	CUNÉO.
Clinique des maladies infectieuses	GOSSET.
Clinique chirurgicale	GRÉGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	MARION.
	BRINDEAU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la Tuberculose	Léon BERNARD.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
	HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire	MULON.
	OLIVIER.
	VERNE.

II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.	MM.
ALAJOUANINE. Neurologie et Psychiatrie.	DONZELOT ... Pathologie médicale.
BÉNARD (Henri) Pathologie médicale.	FÉY Urologie.
BERNARD (Étienne) Pathologie médicale.	GALLIARD Parasitologie.
BOULIN Pathologie médicale.	GASTINEL Bactériologie.
BROCC Pathologie chirurgicale.	GATELLIER .. Pathologie chirurgicale.
BULLIARD Histologie.	DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.
CATHALA Pathologie médicale.	GAYET Physiologie.
CHABROL Pathologie médicale.	GIROUD Histologie.
CHEVALLIER . Pathologie médicale.	HAGUENAU .. Pathologie médicale.
DOGNON Physique.	HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.



II. — AGREGES EN EXERCICE (Suite).

MM.

HAZARD Pharmacologie.
HUGUENIN ... Anatomie pathologique.
JOANNON ... Hygiène.
LABBÉ (Henri) . Chimie biologique.
LACOMME Obstétrique.
LANTUÉJOUL . Obstétrique.
LAROCHÉ (Guy) Pathologie médicale.
LEMAIRE Pathologie expérimentale.
LEVEUF Pathologie chirurgicale.
M^{lle} J. LÉVY . Pharmacologie.
LÉVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie.
MOREAU Pathologie médicale.
MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.
MOUQUIN Pathologie médicale.
OBERLING ... Anatomie pathologique.

MM.

PETIT-DUTAILLIS .. Pathologie chirurgicale.
PIÉDELIEVRE . Médecine légale.
PORTES Obstétrique.
QUÉNU Pathologie chirurgicale.
RICHET Physiologie.
SANNIÉ Chimie biologique.
SÈNÈQUE Pathologie chirurgicale.
SÉZARY Dermatologie et syphiligraphie.
TROISIÈRE Pathologie expérimentale.
TURPIN Pathologie médicale.
VALLERY-RADOT
(Pasteur) Pathologie médicale.
VELTER Ophtalmologie.
VIGNES Obstétrique.
WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.

ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
BUSQUET Pharmacologie.
CHAILLEY-BERT Physiologie.

MM.

LEROUX Anatomie pathologique.
NEVEU-LEMAIRE Parasitologie.
ZIMMERN Physique.

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

MM.

ABRAMI. }
AUBERTIN. } Clinique médicale.
BRULE. }
CHIRAY. }
DUVOIR. }
HARVIER. }
LIAN. }
GUENIOT. }
LE LORIER. } Clinique obstétricale.

MM.

LEVY-SOLAL. } Clinique obstétricale.
METZGER. }
BASSET. }
CADENAT. } Clinique chirurgicale.
HEITZ-BOYER. }
MOCQUOT. }
MOURE. }
SCHWARTZ. }

V. — CHARGES DE COURS

MM.

CHAILLEY-BERT, agrégé Education physique.
FREY Stomatologie.
LEDOUX-LEBARD Radiologie clinique.
WEIL-HALLE Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A LA MEMOIRE DE MON PERE

Avec une pieuse vénération.

A MA MERE

Tendrement.

A MES SŒURS RAPHAËLE, ROSE, RENÉE

A MES FRÈRES LÉON, LOUIS, VICTOR

*Qu'ils trouvent ici mes sentiments
de gratitude pour l'affectueuse sollici-
tude dont ils ont su m'entourer pen-
dant mes études.*

A MA FIANCÉE

MADemoiselle RENÉE GODIN

En témoignage d'une affection sincère.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR ANDRE STROHL

Professeur de physique médicale à la Faculté de Médecine
de Paris.

*En le remerciant du grand honneur
qu'il nous a fait de présider notre
thèse.*

A NOTRE MAITRE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CAMILLE LIAN

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
Médecin de l'Hôpital Tenon.
Officier de la Légion d'Honneur.

*En l'assurant de notre respectueuse
gratitude pour ses bienveillantes cri-
tiques et les inestimables conseils
qu'il nous a patiemment prodigués.*

A MONSIEUR GEORGES MINOT-PETIT

Ingénieur E. P. C. I.

*En le remerciant de nous avoir
guidé dans la réalisation pratique des
organes délicats de notre appareil.*

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX DE PARIS

MONSIEUR LE PROFESSEUR DELBET

MONSIEUR LE PROFESSEUR MARCEL LABBÉ

MONSIEUR LE PROFESSEUR DEBRÉ

MONSIEUR LE PROFESSEUR BEZANÇON

MONSIEUR LE PROFESSEUR NOBECOURT

MONSIEUR LE PROFESSEUR GUILLAIN

MONSIEUR LE PROFESSEUR BRINDEAU

MONSIEUR LE PROFESSEUR LEGUEU

MONSIEUR LE PROFESSEUR CLAUDE

MONSIEUR LE PROFESSEUR SEBILEAU

MONSIEUR LE PROFESSEUR TERRIEN

MONSIEUR LE PROFESSEUR TEISSIER (*in memoriam*)

MONSIEUR LE DOCTEUR LEVEUF

MONSIEUR LE DOCTEUR MOUCHET

MONSIEUR LE DOCTEUR LORTAT-JACOB (*in memoriam*)

A TOUS MES MAITRES A LA FACULTE DE MEDECINE
DE PARIS

INTRODUCTION

Les progrès réalisés durant les dernières années dans le domaine de l'électricité, aussi bien du point de vue de la Physique que de la construction technique, les perfectionnements qui chaque jour viennent enrichir la branche spéciale de l'acoustique électrique, qu'il s'agisse de téléphonie sans fil, ou même de cinéma parlant celui-ci considéré surtout comme un levier d'instruction : films moralisateurs, film d'hygiène luttant contre certains fléaux tels que la tuberculose ou la syphilis; ces inventions et ces perfectionnements nous ont conduits les uns à l'étude d'un appareil permettant l'enseignement collectif des bruits du cœur, les autres nous en ont permis la réalisation.

Ce que nous voulons ? C'est rendre pratiquement possible l'auscultation d'un malade, simultanément par de nombreux auditeurs, rendre intéressante, aisée, et même machinale l'étude des sons, des bruits du cœur.

Si dans un amphithéâtre on peut amplifier ces bruits et faire en même temps un cours aux étudiants, leur expliquer les intonations, les modulations, les accidents, les troubles du rythme, cela présente deux intérêts :

1^o) Ausculter une seule fois un sujet, ce qui évite sa fatigue; il ne faut pas oublier que c'est en général un malade, qu'il est souvent cruel et délicat de soumettre à l'étude de plusieurs étudiants.

2^o) Permettre de commenter les bruits entendus, gros progrès dans l'enseignement, qui devient ainsi plus aisé, ce qui rend vivant, vécu, le phénomène cardiaque.



Notre but se résume en peu de mots : c'est la réalisation d'un appareil.

- a) simple;
- b) de maniement facile;
- c) à alimentation directe sur secteur donc pratique;
- d) et surtout muni d'un haut parleur;

Théoriquement il s'agit de recueillir par un microphone les vibrations acoustiques émises au point d'auscultation, de les amplifier et de les transmettre par haut parleur, sans déformation de timbre.

*
**

Lutembacher qui s'intéresse beaucoup à la question a dans un résumé de l'œuvre de Glower, souligné les avantages de l'auscultation électrique. Il établit une hiérarchie dans les différents modes d'auscultation.

D'abord il y a l'auscultation immédiate, qui rend de grands services dans la pratique courante; cependant, pour lui les bruits se transmettent dans des conditions différentes par double voie :

1° Aérienne : conduit auditif.

2° Solidienne : os du crâne puisque la tête du médecin est en contact direct avec le thorax du malade, ce qui nuit à la pureté de la perception.

Ensuite vient l'auscultation médiate au stéthoscope rigide s'appliquant à une seule oreille ou au stéthoscope bi-auriculaire à tube souple. Ce dernier évite l'inconvénient de la transmission solidienne, mais a le défaut, à cause de la colonne d'air, d'amortir les vibrations de fréquences moyennes et de favoriser la transmission des bruits sourds. En outre, par suite de l'occlusion du conduit auditif externe, les vibrations déterminent des alternances d'aspiration et de condensation dans la colonne d'air du conduit, qui refoulent le tympan et sont nuisibles à la régularité de l'auscultation.

Pour lui l'idéal serait un stéthoscope électrique et il semble vouloir en tirer grand profit pour rendre l'auscultation plus exacte qu'avec les méthodes courantes.

A notre avis il n'y a pas lieu de hiérarchiser ces différents modes d'auscultation, car ils comportent tous des avantages et des inconvénients; il importe surtout de préciser les cas où tel ou tel d'entre eux mérite d'être préféré. Mais tel n'est pas le but de notre travail. Nous avons voulu réaliser un appareil permettant l'auscultation collective par tout l'auditoire d'un amphithéâtre, et ainsi faciliter grandement l'enseignement de l'auscultation du cœur.

HISTORIQUE

En 1926, cinq ans après les premières émissions de téléphonie sans fil, Lutembacher, ayant seulement à sa disposition ce que la science naissante offrait de possibilité, s'attaque à l'auscultation collective et fait des recherches dans le domaine de l'amplification électrique des bruits du cœur.

Le système de reproduction réalisé par lui est constitué soit par un écouteur central contre la membrane duquel, les élèves appliquent leur stéthoscope individuel, ce qui est une solution élégante, soit par le branchement de casques téléphoniques dans le circuit final d'amplification.

L'amplificateur dont il se servait était employé à l'époque par la télégraphie militaire, c'est-à-dire : transformateur de liaison à noyau de fer, et il y a absence totale de blindage. Il n'avait alors à sa disposition que des lampes à chauffage direct et à très faible coefficient d'amplification. De plus, il n'y avait rien de fait dans le domaine de l'alimentation sur secteur.

Les organes indispensables étaient peu pratiques en raison de leur poids et de leur volume.

Enfin le seul microphone répandu était le microphone à contact imparfait, à grenaille de charbon.

Il est évident que lors de la réalisation de son appareil il ne pouvait être question :

- a) de se servir du courant secteur;
- b) de transmettre avec fidélité les bruits du cœur par haut parleur.

Plus près de nous il existe le travail des auteurs Ignacio Chavez et Téodoro Florès de Mexico.

Dans un article de la Presse Médicale du 11 janvier 1933 ils font une relation bien documentée qui prouve une étude minutieuse du problème. Quelques-unes des grandes difficultés que nous avons rencontrées sont notées avec précision au cours de leur étude.

Ils notent tout d'abord le grand intérêt que présente l'auscultation collective cliniquement destinée à la formation acoustique des étudiants qui sont de plus en plus nombreux.

Ils envisagent d'ailleurs l'auscultation pulmonaire en plus de l'auscultation cardiaque.

Ils signalent les essais entrepris par la maison Gaumont à Paris, et critiquent d'ailleurs leur résultat comme introduisant des déformations dans le phénomène acoustique, ou ajoutant des bruits parasites.

La grande particularité de l'appareil proposé par les auteurs réside dans l'emploi du microphone électrodynamique à aimant permanent, qu'ils nomment d'ailleurs électro-magnétique. Nous l'appellerons du premier terme, par analogie de conception avec le haut parleur électrodynamique.

Ils critiquent tous les autres types de microphones et nous sommes entièrement d'accord avec eux. Pourtant ils passent sous silence un type de microphone à entre-fer variable qui nous a donné d'excellents résultats et que nous nommerons microphone électromagnétique.

L'amplificateur réalisé par eux ne possède rien de bien particulier, les auteurs se sont surtout attachés à éviter le phénomène, que nous verrons par la suite, de saturation des lampes. L'alimentation de l'appareil est assurée par des piles et des accumulateurs; ils ont rejeté le courant secteur en raison de la difficulté, car d'après eux. « Aussi bien qu'on le filtre, le courant produit toujours un bourdonnement qui nuit à la pureté avec laquelle on doit entendre les bruits cardiaques ».

Ils s'étendent également sur la difficulté, (en raison de la grande amplification) qui provient des réseaux électriques, des installations de rayons X, de rayons ultra-violets et de la haute fréquence, et ils sont amenés à filtrer le courant amplifié qui va alimenter les appareils reproducteurs sonores.

Le système de reproduction du son qu'ils emploient est constitué par un nombre d'écouteurs bi-auriculaires qu'ils préfèrent au haut parleur, en raison des déformations qu'il introduirait par le phénomène de retour du son, que nous verrons plus loin et qu'ils nomment « viciation du son ».

**

Nous nous permettrons de faire quelques critiques malgré toutes les bonnes idées contenues dans ce travail. Nos critiques concernent :

1°) les sources de courant de l'appareil : piles, accumulateurs, que nous étudierons plus loin.

2°) le manque de dispositif de blindage assurant une protection efficace contre les parasites provenant des rayons ultra-violets, des rayons X et de la haute fréquence sans qu'il soit né-

cessaire de supprimer les fréquences élevées, certaines fréquences cliniques risquant dans ces conditions d'être très affaiblies (l'auscultation pulmonaire en particulier).

3°) enfin le système reproducteur est peu pratique et n'a que l'avantage de permettre simultanément l'audition et la vision du patient, mais par contre il est plus fatigant et ne permet pas l'explication immédiate du moniteur en raison même du casque qui oblige à n'entendre que les bruits du cœur.

D'après l'étude rapide que nous venons de faire, un fait est frappant : tous les constructeurs ont jusqu'ici écarté et condamné l'emploi du haut parleur à cause des viciations du son, et des déformations qu'il introduirait dans le phénomène de l'auscultation.

C'est justement au problème « haut parleur » que nous nous sommes attaqués estimant que là git précisément le point vital de la question.

Au moment où notre travail était à peu près terminé, nous avons eu connaissance du travail de MM. les Prof. Lœper, et Lemaire qui eux aussi se sont efforcés de réaliser un appareil permettant l'auscultation collective par branchement direct sur le secteur et avec haut parleur, et permettant aussi l'inscription des vibrations.

CHAPITRE I

Buts à atteindre et difficultés à écarter, pour la réalisation d'un appareil à auscultation collective.

Nous avons rencontré trois difficultés principales :

- A) L'alimentation;
- B) Les parasites;
- C) Le timbre.

A) Occupons nous tout d'abord du courant d'alimentation. Qu'il nous soit permis de rappeler brièvement quelques notions d'électricité.

D'abord en matière d'amplification, pour transmettre un son quelqu'il soit, fidèlement et sans déformation, il faut être en possession d'un courant de tension rigoureusement continu, comparable au courant fourni par les piles. Nous avons abandonné les piles volontairement à cause de leur emploi peu pratique, de leur usure trop grande et de leur encombrement. Les accumulateurs ont été écartés aussi en raison de leur entretien qui demande trop d'attention et en raison de leur volume puisqu'il s'agit d'un appareil puissant nécessitant une tension élevée de l'ordre de 300 volts et d'un débit de OA, I.

Nous leur avons substitué le courant ordinaire de la ville.

Deux cas se présentent suivant la nature de ce courant.

Les réseaux électriques distribuent en effet 2 sortes de courants.

- 1) le courant continu;
- 2) le courant alternatif.

1°) On dit qu'un courant est continu, lorsque traversant une résistance, son sens ne subit pas de variations.

Cependant, son intensité est loin d'être constante dans le temps, et, grossièrement, nous pouvons dire qu'un courant con-

tinu est un courant alternatif redressé mais très imparfaitement filtré.

Avec le courant continu, la filtration absolue se pose donc exactement de la même façon que lorsqu'il s'agit du courant alternatif après redressement.

2) Le courant alternatif est un courant qui change périodiquement de sens et d'intensité. Pour obtenir un courant parfaitement continu, deux problèmes se posent :

a) sens constant (c'est le redressement);

b) intensité invariable (c'est le filtrage).

Ces problèmes ont été étudiés en détail plus loin.

B) Ce n'est pas tout; de nombreux parasites (puisque c'est un terme consacré) viennent se greffer sur l'audition et la troublent. Nous avons dû lutter systématiquement contre eux. Ils sont dûs dans la plupart des cas aux étincelles des moteurs qui sont nombreux dans les agglomérations importantes; de plus, et ceci nous concerne davantage puisque notre appareil d'auscultation collective doit fonctionner dans les hôpitaux, il est des parasites qui naissent des appareils à rayons ultraviolets et des appareils à haute fréquence dont une certaine catégorie à ondes amorties, utilisant des ondes de choc fournies par des étincelles électriques, créent un rayonnement électromagnétique qui se propage à une grande distance du foyer d'émission. Ce sont des ondes hertziennes amorties.

Nous verrons plus loin les moyens employés pour obvier à ces inconvénients.

C) Timbre. — Pour obtenir l'audition au haut-parleur, il est nécessaire de transformer les oscillations acoustiques en oscillations électriques, d'amplifier considérablement ces dernières et de les retransformer en vibrations sonores. Ces transformations successives doivent se faire avec une fidélité absolue, c'est-à-dire que les différentes fréquences qui constituent le timbre doivent conserver entre elles les mêmes rapports d'amplitude dans le haut-parleur qu'à leur source même.

Autrement dit soit à un instant T les amplitudes $a_1, a_2, a_3, \dots a_n$ des sons de fréquence $f_1, f_2, f_3, \dots f_n$ à la source où ils sont recueillis (la pointe ou la base du cœur dans le cas particulier) et soit $A_1, A_2, A_3, \dots A_n$ les amplitudes des vibrations sonores correspondantes, diffusées par le haut-parleur, toujours à l'instant, l'idéal est d'obtenir :

$$\frac{A_1}{a_1} = \frac{A_2}{a_2} = \frac{A_3}{a_3} = \frac{A_n}{a_n} = K \text{ indépendant de la fréquence}$$

Nous avons été conduits à la conception d'un appareil ou plutôt d'une installation composée des 4 appareils suivants :

A. — Un microphone qui recueille les bruits du cœur, et destiné à transformer leur énergie sonore en énergie électrique, relié à B par des fils sous tube blindé.

B. — Un micro-amplificateur muni d'organes particulièrement soignés, de lampes sélectionnées, de résistance bobinées, et alimenté :

1°) en basse tension de chauffage par un accumulateur au plomb;

2°) en haute tension par une canalisation spéciale relié à C.

C. — Un appareil amplificateur directement alimenté par le réseau électrique, le courant ordinaire de la ville, et qui comporte tous les organes d'alimentation pour l'excitation :

1°) des hauts-parleurs;

2°) des organes finaux d'amplification;

3°) du préamplificateur.

D. — Des hauts-parleurs qui transforment l'énergie électrique disponible après amplification en énergie sonore. (Un haut-parleur est d'ailleurs prévu à l'intérieur de l'amplificateur lui-même).

*
**

De puissants filtres de courant ont été nécessaires afin de disposer d'une source d'énergie haute tension dépourvue de la composante alternative.

Voyons en quelques mots comment il est possible de rendre rigoureusement continu un courant alternatif redressé : A l'heure actuelle il existe trois procédés principaux de redressement du courant :

I. — *Les redresseurs mécaniques.*

Ils établissent et interrompent un courant n fois par seconde (quand il s'agit d'un courant de fréquence n/seconde) de façon que le courant soit toujours de même sens. La courbe

d'intensité du courant est donc représentée par les fragments de sinusoïde suivant :



L'interrupteur employé peut être, à lame vibrante synchrone de la fréquence du courant, ou rotatif, le courant s'établissant entre une bague semi-métallique et un balai, l'autre partie de la bague étant une substance isolante, cette bague étant animée d'une vitesse n tours seconde.

Inconvénients. La fermeture brusque du circuit (ainsi que son interruption) crée des perturbations qui sont d'autant plus importantes que ces opérations s'effectuent au moment où le réseau présente une tension plus grande. Nous voyons donc qu'il y a une grande difficulté : en effet, il est nécessaire d'avoir une lame vibrant en phase avec le courant et les phénomènes utilisés pour l'entretien des oscillations (résonnance mécanique de la lame, self capacité) introduisent nécessairement un déphasage, c'est-à-dire un décalage entre l'oscillation électrique et celle de la lame; ces difficultés se retrouvaient d'ailleurs dans le cas du redresseur à bague semi-métallique, où il est nécessaire de faire appel à un moteur synchrone pour l'entretien de la rotation.

De plus, il y a un défaut commun à tous les redresseurs mécaniques :

le bruit qui naît de la rotation ou de la vibration serait funeste à l'audition de l'émission cardiaque.

II. — Les redresseurs humides.

Ces redresseurs utilisent le phénomène de l'uniconductibilité d'une pellicule d'alumine déposée par électrolyse sur une plaque d'aluminium. La plaque d'aluminium constitue une des électrodes, l'autre étant une lame de plomb plongée dans l'électrolyte.

Le courant positif circule de la plaque de plomb (oxydée

d'ailleurs au bout de très peu de temps, sans inconvénient) vers la lame d'aluminium.

Le courant inverse est très faible, à condition que le PH de l'électrolyte soit compris entre des valeurs déterminées et que l'électrolyte soit à une température déterminée d'après sa nature.

Les *inconvénients* sont les suivants :

1°) La tension ne doit pas excéder une valeur voisine de 50 volts par élément, afin de ne pas crever la pellicule, ce qui livrerait ainsi passage au courant inverse.

2°) Les électrolytes qui possèdent le PH voulu conduisent peu le courant, d'où résistance électrique, d'où échauffement par effet Joule, de sorte que pour maintenir constante la température, il faudrait utiliser de gros volumes de liquide.

III. — *Les redresseurs secs.*

Il en existe deux sortes :

1°) Redresseurs à pellicule uniconductrice;

2°) Redresseurs à lampes.

Dans le premier cas ces redresseurs de courant ressemblent aux redresseurs humides; l'électrolyte étant remplacé par une lame de plomb, énergiquement serrée contre la pellicule uniconductrice. Ces appareils assez répandus sur le marché ont atteint un très haut degré de perfectionnement. Le courant inverse arrive à n'être que de l'ordre de $1/1.000.000$ du courant redressé et leur durée est pratiquement illimitée.

2°) Les redresseurs à lampe possèdent un courant inverse nul, à condition que la plaque de la lampe redresseuse ne soit pas portée par suite du bombardement électrique à une température trop élevée. Il n'est pas inutile de rappeler brièvement le mode de fonctionnement de la lampe redresseuse. Sous sa forme la plus simple, c'est une valve; il est possible d'avoir à l'aide de cette valve l'équivalent électrique d'une soupape. On réalise avec elle une certaine discontinuité dans un circuit électrique, cette discontinuité ne pouvant être franchie que dans un sens. Cette solution de continuité ressemble d'ailleurs, au moins par les résultats à celle utilisée précédemment avec les redresseurs humides et les redresseurs secs. Le phénomène de base a été signalé par Edison.

Il avait remarqué qu'un filament métallique étant porté au rouge dans une ampoule vide d'air, il était possible de faire passer un courant électrique depuis ce filament jusqu'à une plaque également métallique, mais froide, à condition que la plaque soit portée à un potentiel électrique positif par rapport au filament.

C'est le premier argument en faveur des théories modernes sur le courant électrique qui le font considérer comme un écoulement de grains d'électricité négative, et ce sont ces grains ou électrons qui jaillissent du filament chaud vers la plaque sous l'influence du champ électrique.

Si le potentiel de la plaque est négatif par rapport au filament, les électrons ne quittent pas ce dernier et le courant est nul. Nous avons donc là un espace filament-plaque et un système qui possède la propriété de conduire le courant dans un seul sens. C'est un clapet sans inertie et d'usure très faible lorsqu'il est utilisé dans des conditions parfaitement connues aujourd'hui; de plus, qualités précieuses, il est absolument insonore, insensible aux vibrations mêmes d'un haut-parleur placé à proximité et enfin sa résistance interne relativement élevée facilite le filtrage ultérieur du courant redressé ainsi obtenu.

Nous avons étudié précédemment les moyens de redresser un courant alternatif fourni par une distribution d'électricité et nous avons énuméré les raisons qui ont orienté notre choix vers les lampes redresseuses. Nous avons vu également que dans une distribution de courant continu, nous nous trouvions dans le cas d'un courant alternatif après redressement. Il ne nous reste plus qu'un problème unique : filtrer le courant.

Le filtrage du courant, utilise trois organes principaux :

- 1°) condensateurs,
- 2°) selfs,
- 3°) valves électroniques.

1°) Il existe 2 sortes de condensateurs :

a) les condensateurs secs, constitués en principe par deux lames métalliques de forme quelconque séparées par une lame isolante ou diélectrique. Leur capacité est donnée très approximativement par la formule :

$$C = \frac{KS}{e}$$

K dépend de l'isolant,

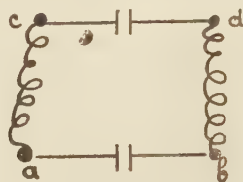
S est la surface,

e = épaisseur du diélectrique;

b) les condensateurs électrolytiques et électrochimiques utilisent des réactions chimiques et possèdent à encombrement égal, de grandes capacités par rapport aux précédents.

Les condensateurs s'opposent au courant continu, seul le courant ondulé les traverse et leur résistance au passage du courant ondulé est inversement proportionnel à la fréquence.

Nous voyons par là que, disposant entre les points a et b



d'une tension redressée, une capacité intercalée entre a et b jouera le rôle d'un court-circuit pour la composante alternative, alors que sa résistance sera infime (condensateurs secs) ou relativement grande (condensateurs humides) pour la composante continue.

Dans le cas pratique d'utilisation, où la source de courant redressé possède une grande résistance (tous les redresseurs, sauf les redresseurs mécaniques) le condensateur se charge lorsque le redresseur débite, et conserve sa tension alors que le redresseur est au repos. Il en résulte que si f 1 représente



dans le temps la courbe de tension fournie par le redresseur, la figure 3 représente la tension entre a et b.

Nous pouvons alors traiter la tension qui existe entre a et b comme une tension redressée et faire appel à un deuxième condensateur; l'organe de liaison sera une self.

La self est un organe électrique qui présente une résistance

plus grande au passage du courant alternatif qu'à celui du courant continu. Cet organe est donc idéal pour servir de liaison entre deux capacités de filtration.

Nous n'avons pas employé 2 capacités et 2 selfs pour la réalisation de notre appareil, mais 10 capacités et 6 selfs certaines selfs ayant été remplacées par des résistances pour amortir la tendance à l'oscillation de l'ensemble, évitant ainsi le fâcheux effet de résonnance connu sous le nom de « boating motor ».

D'autre part l'efficacité de chacune des cellules de filtration étant d'autant plus grande que le débit demandé en courant continu à chacune d'elle est plus faible, nous avons utilisé pour l'alimentation des appareils finaux d'amplification (ceux qui demandent le plus de courant) le courant fourni par les premières cellules (ces organes ne nécessitant d'ailleurs pas un courant continu absolument parfait : excitation des hauts-parleurs électrodynamiques, polarisation de la grille accélératrice de la lampe penthode finale) alors que les dernières cellules ont été employées pour l'alimentation du préamplificateur qui nécessite un courant dix fois moindre, mais de qualité irréprochable.

Il existe un troisième procédé de filtration du courant lorsque l'on a à sa disposition un courant redressé; on monte comme précédemment une cellule de filtration et on fait appel à un phénomène tout à fait particulier de la valve, vue au chapitre du redressement, à savoir le phénomène de saturation.

Lorsqu'à la plaque d'une valve thermo-ionique on applique une tension de plus en plus élevée par rapport au filament, on constate que le nombre des électrons arrachés au filament croît proportionnellement à la tension. On se trouve alors sur la partie rectiligne de la courbe de caractéristique de plaque, jusqu'à un moment où le nombre devient constant, ce qui se traduit par une intensité constante du courant.

Soit E la tension de la plaque à ce moment : toute fluctuation de la valeur de cette tension, telle que sa valeur surpasse E , est sans action sur la valeur de l'intensité du courant.

Nous avons là un excellent procédé de filtration, mais de maniement difficile en raison de la valeur élevée de la tension E . De plus, la valve a une durée éphémère et enfin on

n'est plus maître de l'intensité qui est imposée par le système. C'est pourquoi à la suite de notre première cellule nous avons préféré parfaire le filtrage du courant, à l'aide d'un nombre relativement élevé de cellules, n'ayant guère à nous défendre que du « boating motor », les organes utilisés étant robustes.

*
**

MICROPHONE.

Le choix d'un microphone récepteur a été aussi l'objet d'un grand soin. Il existe en effet 4 types possibles dans notre cas particulier. Ce sont :

- 1°) Les microphones à contact imparfait : à grenaille.
- 2°) Les microphones électrostatiques.
- 3°) Les microphones électromagnétiques.
- 4°) Les microphones électrodynamiques.

Il n'est pas inutile de discuter les mérites de chacun d'eux, afin de faire ressortir les faits qui ont guidé notre choix. Il faut savoir en effet que tous ces types différents peuvent rendre des services dans bien des cas, mais il ne faut pas perdre de vue que l'auscultation collective est d'une réalisation trop ardue et exige trop de conditions spéciales, pour ne pas mériter une attention toute particulière.

1°) Le microphone à grenaille, l'un des premiers en date possède une très grande sensibilité. Malheureusement, son principe même (variation de résistance sous l'effet de vibrations sonores, du contact qui existe entre des particules de charbon) se prête à la création de parasites, par frottement des particules les unes sur les autres, et oblige de plus à l'utilisation de l'appareil sous une inclinaison bien déterminée comme l'a fait si judicieusement remarquer Lutembacher.

« Le stéthoscope microphonique à grenaille doit être maintenu verticalement sous une pression modérée et sans tremblement. Le malade doit être assis le thorax vertical, légèrement penché en avant ». Il est impossible de l'utiliser sur le malade couché; c'est pourquoi nous avons abandonné ce type de microphone.

2°) Le microphone électrostatique lui, est constitué en principe par un condensateur. L'une des lames de ce condensateur est souple et constitue la membrane du microphone.

Sous l'influence de vibrations sonores la membrane se déforme et les variations de capacité qui en résultent modulent la longueur d'onde d'un petit émetteur d'ondes entretenues. Un récepteur en tous points identique à un récepteur de T. S. F., placé à une certaine distance de cet émetteur, permettra de détecter ces ondes et d'amplifier les sons reçus. La reproduction avec cette sorte de microphone est excellente, mais malheureusement le poids d'un tel microphone le rend pratiquement inutilisable, et d'autre part, il est absolument impossible de l'utiliser par contact.

En effet, la longueur d'onde moyenne d'un petit émetteur étant déterminée par la formule :

$$\lambda = K\sqrt{lc}$$

l étant la self du circuit oscillant utilisé et c la capacité; la longueur d'onde moyenne devant être constante, cette obligation s'applique également à la capacité. Celle-ci ne doit donc subir aucune déformation permanente, et doit osciller librement de part et d'autre de sa position d'équilibre.

Autre argument qui le rend impraticable, les ondes ainsi émises seraient de même nature que celles provenant des appareils de haute fréquence et d'ultra-violet, et le récepteur ne pourrait les différencier.

Nous considérons cependant le microphone électrostatique comme un idéal en raison de la simplicité de sa partie mécanique.

3°) Le microphone électrodynamique est constitué en principe par une membrane souple, par conséquent non métallique, entraînant dans ses déplacements une petite bobine.

(Cette bobine se déplaçant dans un champ magnétique permanent et puissant).

Une force électromotrice alternative, rigoureusement proportionnelle à l'amplitude de ces déplacements, prend naissance aux bornes de la dite bobine et attaque directement l'amplificateur. La création du champ magnétique nécessaire exige la présence d'aimants puissants, certains aimants aux aciers riches en cobalt permettent la création de pareils champs sous un faible volume. La membrane qui doit être souple et non métallique ne permet pas l'isolement des organes électriques internes et ne permet donc pas de protection

contre les ondes provenant des installations de haute fréquence des hôpitaux.

Mais étant donné la situation même de la bobine dans l'entrefer, elle se trouve assez bien protégée de ces perturbations. Dans les modèles courants de microphones électrodynamiques, d'ailleurs souvent appelés électromagnétiques, on a même supprimé la plaque, et seule la bobine mobile sert de récepteur aux vibrations mécaniques ou sonores à transformer en oscillations électriques. Cette disposition a le grand avantage de permettre la reproduction de toutes les fréquences, vu la faible inertie de la bobine, due à sa grande légèreté, et l'absence d'organes rigides de liaison avec le boîtier.

C'est ce modèle qui a été employé par les auteurs de Mexico.

4°) Dans le type précédent : microphone électrodynamique, nous avons vu que l'on se sert de la force électromotrice prenant naissance aux extrémités d'une bobine dans un champ magnétique fixe dans l'espace et constant dans le temps.

Le microphone électromagnétique lui, emploie la force électromotrice induite dans une bobine fixe située dans un champ magnétique variable sous l'influence des ondes sonores.

Le champ magnétique variable est obtenu par la déformation sous l'influence des vibrations sonores, de l'entrefer des pôles d'un aimant de grande puissance. La membrane est de fer doux et termine de façon parfaite le blindage électrostatique constitué par le boîtier métallique de l'appareil, réuni au sol.

Caractéristiques et comparaison aux autres types.

Il est moins sensible que le microphone à grenaille, mais doué d'une sensibilité constante, quelle que soit l'inclinaison de son axe par rapport à la verticale.

Il est insensible aux secousses et absolument muet en absence de vibrations sonores, ce qui n'est pas le cas des microphones à grenaille. Cette dernière qualité il la partage avec les autres modèles.

Sur les autres types, il possède plusieurs avantages :

A. La vérité de reproduction.

B. Le poids.

La vérité de reproduction est excellente à condition que :

1°) La valeur de l'amplitude des vibrations de la membrane soit faible par rapport à la valeur de l'entrefer, (ce qui concorde très bien avec sa destination pour les bruits du cœur) car l'amplitude de la force électromotrice alternative induite n'est proportionnelle aux déformations que lorsque celles-ci n'introduisent que de faibles variations du champ magnétique.

2°) Que la plaque soit amortie. On sait en effet (théorie des plaques) que les plaques sont susceptibles lorsqu'elles sont excitées par choc, de produire des sons propres et des fréquences indépendantes des chocs. Ces sons se surajoutent et déforment les bruits à étudier.

Lorsque la plaque est en contact avec le patient, les sons propres sont instantanément amortis. De cette même théorie de plaques, il résulte que l'amortissement de ces vibrations est encore plus considérable lorsque la plaque est fixée à la périphérie par un ensemble rigide, ce qui nous a conduit à placer théoriquement à la périphérie, là où l'amplitude de vibration serait maxima, un nœud circulaire de vibrations.

Pour toutes les raisons que nous venons de discuter, nous avons choisi ce dernier type de microphone, puisqu'il correspond à nos besoins et qu'il répond exactement aux exigences de l'acoustique.

D'ailleurs, quel que soit le mode de microphone employé, il est nécessaire d'éviter de la part du patient et de ses vêtements tout contact autre que celui de la plaque. Il est une éventualité qui peut compromettre l'audition, c'est ce que nous avons pris l'habitude d'appeler « l'effet poils »; disons tout de suite que cela est une chose à laquelle il est facile de remédier, mais il est indispensable d'y penser.

Pour notre part, nous avons été longtemps arrêtés par cet inconvénient, et à cause même de son peu d'importance, nous étions loin de penser qu'il pouvait fausser toutes nos expériences.

La plaque du microphone étant placée sur une peau velue, enregistre les bruits de crissement des poils, qui dans le haut parleur, se traduisent par des bouffées de râles humides à chaque mouvement de la paroi, c'est-à-dire à chaque inspiration. Ces « bouffées de râles synthétiques » en raison même de leur amplification, viennent se greffer sur les bruits du cœur, et gênent considérablement l'audition.

Cet « effet poils » est assez connu et plus d'un praticien en a éprouvé les désagréments, que les poils incriminés appartiennent au patient ou à lui-même. D'ailleurs, même au stéthoscope cet effet des poils est sensible, mais on a pris l'habitude d'en faire abstraction.

*
**

LES LAMPES.

Les lampes amplificatrices sont évidemment le nœud vital de notre appareil. On peut dire d'ailleurs d'une façon générale que c'est la lampe amplificatrice qui a permis par ses applications de véritables révolutions dans le domaine scientifique.

La lampe a permis l'essor de la radiotéléphonie, c'est elle qui permettra sous peu la télévision pratique. Elle est peu employée dans le domaine médical; là cependant, ses applications seraient nombreuses et utiles, en particulier dans la haute fréquence.

Avec la lampe nous disposons d'un relai d'amplification idéal et la qualité que nous apprécions le plus en elle, c'est le manque d'inertie. Néanmoins, ce relai présente quelques inconvénients lorsqu'on le destine à un ouvrage délicat.

Nous avons vu précédemment, comment il était possible d'utiliser l'émission électronique, c'est-à-dire l'émission de particules négatives « de grains d'électricité » de la part d'un filament porté à une température élevée, pour constituer un dispositif à conductibilité unilatérale.

Nous allons voir très brièvement, comment il a été possible d'utiliser le même phénomène pour la réalisation d'un dispositif permettant d'obtenir, en partant d'une force électromotrice alternative ayant une certaine amplitude, un courant alternatif d'intensité i . Ceci est possible :

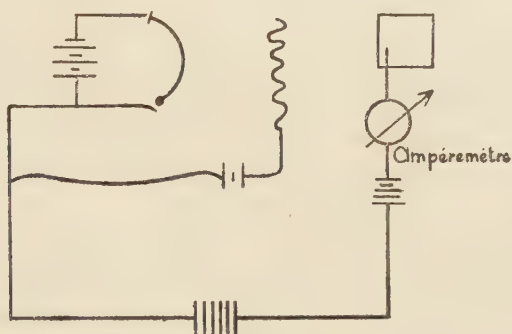
- 1°) A l'aide d'une lampe à trois électrodes.
- 2°) A l'aide d'une lampe à plus de trois électrodes.

1°) La lampe à trois électrodes est constituées par :

a) une électrode filament (chauffage direct) cathode (chauffage indirect);

- b) une électrode grille de contrôle;
- c) une électrode plaque ou anode, obligatoirement portée à un potentiel positif par rapport à la cathode (filament).

Fonctionnement. Le chauffage étant réglé une fois pour toute, prenons comme origine de potentiel, le potentiel négatif du filament ou cathode. Appliquons des potentiels de valeurs croissantes à la grille à partir d'une valeur négative de 10 volts (cas d'une petite lampe de réception) et notons, lorsque l'on applique une tension constante à la plaque, quelles intensités passent dans le circuit plaque.



On trouve que l'intensité plaque est d'abord presque nulle, les électrons ne pouvant franchir la grille de contrôle, celle-ci étant fortement négative — il y a répulsion. Vers -4 volts l'intensité augmente brusquement, la répulsion n'étant plus suffisante. Et puis à partir du potentiel 0, nous remarquons qu'il y a un accroissement d'intensité proportionnel à l'accroissement du potentiel grille.

La relation algébrique qui existe entre l'intensité plaque et la tension grille, est une relation linéaire, valable dans un domaine de tension grille plus ou moins grand suivant la construction interne de la lampe.

Cette région, où la relation est linéaire, est la seule dans laquelle nous devons nous trouver à tous les étages d'amplification et les limites inférieures ou supérieures, constituent des bornes que nous ne devons jamais franchir, sous risque d'introduire des distorsions, ou même sous peine de destruction de l'organe amplificateur.

A partir du moment où l'on franchit le potentiel 0, un nou-

veau phénomène apparaît, phénomène qui ne peut être dévoilé qu'à l'aide d'un appareil très sensible : c'est le courant grille.

En effet la grille n'étant plus négative, parmi les électrons arrachés au filament par la plaque, certains s'arrêtent sur la grille, et comme ce sont des grains d'électricité, il y a un courant négatif de la grille vers le filament, c'est-à-dire qu'il naît un courant grille. Ce courant est de l'ordre du micro-ampère.

Si l'on fait croître positivement le potentiel grille, ce courant croît rapidement à peu près comme le carré de la tension. (Nous verrons plus loin l'importance de ce phénomène).

Enfin lorsque la grille atteint 4 à 5 volts positifs, suivant le type de la lampe employée on constate que l'intensité plaque ne croît plus aussi rapidement, et que même elle ne dépasse plus une limite T. Cette limite indique la saturation de la lampe et est en relation directe avec le nombre d'électrons pouvant quitter le filament, celui-ci étant à la température d'expérience invariable au cours des différents essais, la plaque étant à un potentiel constant.

Nous pouvons faire cette remarque, que l'énergie nécessaire au transport des électrons depuis le filament jusqu'à la plaque, a été emprunté à la source de courant haute tension, et chose très curieuse au filament lui-même; on constate en effet que la température de ce dernier baisse, lorsque le nombre des électrons arrachés augmente.

Il est prouvé que l'énergie empruntée sous forme calorifique représente la somme des « $1/2 M V^2$ » des électrons, V étant la vitesse des électrons depuis le filament jusqu'à la plaque, M étant leur masse.

Et cette énergie cinétique se transforme intégralement en chaleur lorsque ces derniers choquent la plaque.

Remarque. La plupart des lampes ne peuvent supporter l'admission d'un potentiel positif de grille, sans amener rapidement la destruction de leur filament-cathode. On constate généralement à l'aide de lampes puissantes l'extinction presque totale du filament, corrélative à la fusion de la plaque.

Les phénomènes précédents devront nous guider dans la réalisation de notre appareil amplificateur des bruits cardiaques.

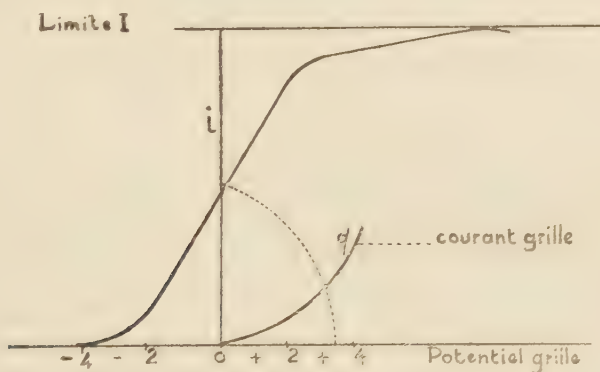
En effet, nous disposons à la sortie du micro d'une force

électro-motrice alternative qu'il s'agira de transformer à l'aide d'une lampe, en intensité alternative, et nous devons avoir entre ces deux grandeurs, une relation linéaire :

$$i = Ae_1 + B$$

A et B étant constant dans le temps.

Nous voyons donc que la lampe à trois électrodes donne une solution satisfaisante du problème à condition que nous nous placions dans les conditions de fonctionnement vues plus haut, à savoir dans la partie rectiligne de la courbe de caractéristique.



Dans cette formule en effet, nous voyons que le rapport des variations de i à celle de e est constant puisque :

$$\frac{di}{de} = A \quad d = \text{dérivée.}$$

Nous avons donc transformé un potentiel alternatif en intensité alternative et le rapport entre les amplitudes des deux phénomènes est constant dans le temps et est indépendant de la fréquence d'oscillation.

Nous arrivons donc à ce résultat vers lequel nous tendons : Le TIMBRE d'un bruit sera conservé lorsque nous passerons de son image potentiel alternatif, à son image intensité alternative.

Propriétés du montage.

Une résistance étant intercalée dans le circuit plaque de notre lampe, la tension des bornes de cette résistance est reliée à l'intensité du courant qui la traverse par la formule linéaire :

$$e_2 = Ri$$

en nous rapportant à la formule :

$$i = A e_1 + B$$

nous avons :

$$e_2 = Ri = RA e_1 + RB$$

Nous voyons donc que nous disposons aux bornes de la résistance R d'une tension alternative reliée à e_1 par une relation linéaire, le rapport des amplitudes étant :

$$\frac{de_2}{de_1} = RA$$

de_1 étant la variation d'amplitude à l'entrée,

de_2 étant la variation que de_1 provoque à la sortie de la lampe. RA est le coefficient d'amplification de l'étage, il dépend de deux conditions :

« R » qui peut être aussi grand qu'on le desire à condition que la tension plaque ne soit pas abaissée en dessous d'une trop grande valeur, par chute Ohmique du courant moyen de cette résistance.

« A » est la pente de caractéristique; elle est égale à tangente α (voir figure précédente).

1°) Nous pouvons ici faire appel au dernier modèle créé par les constructeurs qui mettent à notre disposition des lampes amplificatrices dont la pente A est élevée.

2°) Pour pouvoir utiliser des résistances R de grande valeur, nous pouvons leur demander également des lampes dont le courant moyen étant très faible, la chute de tension dans la résistance ne sera pas trop élevée, et la tension effective plaque sera suffisamment élevée pour permettre un très bon fonctionnement de la lampe.

*
**

Les lampes qui répondent à ces desirs contiennent, en plus des trois électrodes essentielles, des grilles écrans, des grilles

accélératrices et des grilles de freinage pour empêcher les électrons de revenir en arrière après rebondissement sur la plaque.

Ces grilles sont portées à des potentiels fixes et déterminés par les constructeurs.

Le coefficient d'amplification est donné par la formule :

$$\frac{de_2}{de_1} = RA$$

$R = 100.000$ ohms

$A = 3$ milliampères par volt

sera 300, c'est ce que nous nommerons le grain.

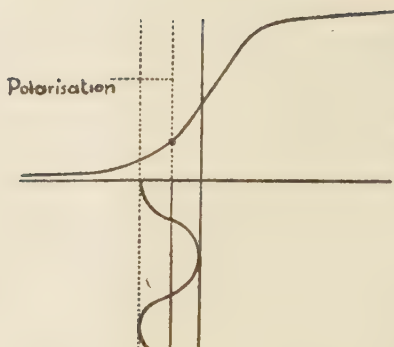
Remarques. L'amplification donnée par une seule lampe placée à la sortie du microphone qui recueille les vibrations cardiaques, ne nous met pas en présence d'une tension suffisante pour actionner les organes reproducteurs sonores.

Il est donc nécessaire d'amplifier après la première lampe en appliquant à la grille de contrôle d'une deuxième lampe le résultat de la première amplification, et ainsi de suite.

Nous voyons donc, que nous aurons à amplifier des amplitudes de plus en plus grandes; il sera indispensable de faire appel à des lampes dont la caractéristique sera de plus en plus étendue, c'est-à-dire, dont l'admission grille sera plus considérable, sous peine de travailler sur les parties non rectilignes de la caractéristique, c'est-à-dire entre les amplitudes initiales de la tension du micro, et l'amplitude disponible à la sortie du premier étage.

Les organes de liaison entre lampes présentent, nous l'avons vu, une impédance élevée (résistance R de l'ordre de 100.000 ohms). Il convient d'éviter la naissance de courant grille, celui-ci introduisant une dissymétrie lorsque le potentiel de la grille est positif.

Donc nous devons travailler à tous nos étages entre le potentiel grille correspondant à la borne inférieure de la caractéristique, et le potentiel O . Aussi, nous polariserons d'une façon permanente, la grille des lampes, à la valeur moitié de la borne inférieure de la caractéristique, et nous n'admettrons sur cette grille que des oscillations dont l'amplitude sera inférieure à la valeur correspondante à cette borne.



Une lampe utilisée dans les conditions auxquelles nous sommes astreints, constitue à l'heure actuelle le meilleur amplificateur de tension, pour les fréquences comprises entre 50 et 100.000 périodes seconde (correspondent aux vibrations du cœur).

*
**

Notre appareil nécessite plusieurs lampes amplificatrices en cascade, chacune d'elle multipliant le résultat de l'amplification de la précédente; il est évident que si l'une des lampes présente quelque défaut, les conséquences pourront être graves, si la lampe en question occupe l'un des premiers étages d'amplification.

Supposons pour simplifier que le coefficient d'amplification de chaque étage soit de 50, on comprend aisément que la tension alternative de sortie de chaque lampe sera 50 fois plus forte que la tension de sortie de la lampe précédente.

Prenons par exemple un défaut existant à l'intérieur de la dernière lampe, et supposons que ce défaut crée une oscillation parasite d'amplitude d . Cette oscillation d se transmettra au haut parleur sans amplification et sera minime en comparaison des oscillations amplifiées qui résultent du phénomène cardiaque.

Le même défaut existant à la première lampe sera 50 fois plus grand à la seconde, 50^2 à la sortie de la troisième, 50^3 après la quatrième soit : $50^3 d = 125.000 d$.

Or les amplitudes provenant des défauts des lampes peuvent être de beaucoup supérieures à celles des oscillations destinées à être amplifiées.

Par exemple, l'amplitude provoquée par les bruits du cœur étant a , à la sortie de la première lampe celui-ci sera $50 a$, et le défaut peut avoir une amplitude d non négligeable devant $50 a$. L'importance du défaut pour la première lampe est $d/50 a$. Si le défaut existe seulement à la seconde lampe, nous avons par rapport aux bruits du cœur : $d/2.500 a$; à la troisième $d/125.000$; à la quatrième : $d/6.250.000 a$.

Nous voyons donc qu'il est essentiel de posséder une première lampe, dont le fonctionnement ne présentera aucune irrégularité, dont le débit électronique ne sera pas troublé par des « phénomènes volcaniques », phénomènes déjà signalés par le Dr Titus Konteschweller lors de ses études sur la super-réaction.

Nous emploierons donc au premier étage une lampe dont la construction interne sera robuste, dont les contacts internes seront parfaits et exempts de tout défaut appréciable. Et d'ailleurs pour un même modèle de lampe il faut établir un choix soigneux, une sélection rigoureuse, si l'on veut avoir un bon résultat.

*
**

Nous devons distinguer 2 catégories de lampes :

- 1°) les lampes à chauffage direct;
- 2°) les lampes à chauffage indirect;

Les premières utilisent l'émission électronique d'un filament métallique, porté à une température plus ou moins élevée suivant sa constitution.

Les deuxièmes (lampes à chauffage indirect) utilisent l'énergie calorifique d'un filament parcouru par le courant électrique pour le chauffage d'un barreau d'oxyde métallique.

Ces deux types se révèlent très discutables dans notre cas. Les lampes de la première catégorie ont un bruit de fond très faible; chez elles, il y a absence du phénomène de Titus Konteschweller mais la rigidité de leurs électrodes laissant à désirer, elles ont une tendance à entrer en vibration.

Le moindre choc, ou même des vibrations très faibles suffisent à les faire vibrer, en donnant des sons de cloche caractéristique. Pour éviter ces chocs il faut monter ces lampes sur des supports « anti-vibration » qui amortissent les ondes sonores de conduction. Mais elles demeurent malgré tout sensi-

bles aux vibrations sonores provenant du haut parleur lui-même, le phénomène pouvant par suite du coefficient d'amplification considérable de l'appareil engendrer l'auto-oscillation de l'ensemble, l'amplitude allant croissant jusqu'à saturation des organes d'amplification, soit jusqu'à la disparition (destruction) de l'un deux.

Dans ce cas particulier, le phénomène de retour du son est *l'effet de Larsen*.

Pour cette raison, il semblerait donc nécessaire d'éviter l'emploi d'une lampe de ce type aux premiers étages.

*
**

Les lampes du deuxième type (chauffage indirect) sont bien plus rigides, et l'effet de Larsen n'est à redouter que dans des cas bien rares; mais leur débit électronique est loin de présenter la régularité de celui des lampes à chauffage direct.

De plus, une telle lampe, même choisie avec soin, présente encore un bruit de fond tel, qu'utilisée à l'entrée de l'amplificateur, les oscillations parasites ne sont pas négligeables et le rapport d/50 a est encore trop grand.

Dans le haut parleur cet inconvénient se traduit par un bruit comparable à celui d'un « jet de vapeur ».

Nous voyons donc, que placé dans les mêmes conditions, une lampe à chauffage direct de la surface émettrice d'électrons, présente un bruit de fond bien plus faible pour une même valeur d'amplification.

*
**

D'après ce que nous venons de discuter, seul une lampe à chauffage direct permet l'équipement du premier étage d'amplification; mais pour cela il faut lutter contre le phénomène de Larsen.

Nous verrons plus loin quels moyens nous avons utilisés.

Les autres étages peuvent être équipés par des lampes à chauffage indirect à caractéristique plus poussée, c'est à dire à plus grand coefficient d'amplification.

Il subsiste cependant un petit inconvénient dû à l'emploi d'une lampe à chauffage direct, c'est que le courant de chauffage de cette lampe doit être obligatoirement fourni par un ac-

cumulateur; tout autre procédé connu actuellement introduisant des ronronnement inadmissibles.

Cette lampe est une micro-amplificatrice et demande une attention particulière. Les autres lampes qui sont des lampes à chauffage indirect, ne craignent pas les irrégularités et sont chauffées à l'aide du secteur, sous précaution spéciale.

*
**

ACCESSOIRES.

Là, aussi, nous rencontrons de grandes difficultés, particulièrement au premier étage.

A) Résistances.

Les résistances habituellement employées sont de deux types : Résistances à contact imparfait, réalisées à l'aide de substances hétérogènes, qui mettent en pratique, le principe suivant : toute solution de continuité crée des difficultés au passage du courant.

Ce type de résistances est inemployable, car, en raison de l'amplification on s'aperçoit que le courant qui traverse une telle résistance, est loin d'être constant et il y a création d'un bruit électrique qui se traduit dans le haut-parleur par une sorte de brouillard sonore, bien connu des téléphonistes.

Le deuxième type est le mode bobiné, constitué par un fil résistant homogène, ou les solutions de continuité sont de l'ordre de la longueur d'onde des rayons X. Ce type de résistance sera exclusivement employé.

*
**

CONDENSATEURS

1°) Condensateurs secs. Il faut les employer seulement avec une tension entre électrode inférieure au cinquième de la tension d'essai. Parce que un condensateur ayant été percé accidentellement par une étincelle électrique, peut provoquer un bruit de souffle continu, par suite de la formation d'un courant de fuite retraçant le passage de l'étincelle, matérialisé par des dépôts métalliques, dans l'intérieur de la fissure tracée dans l'isolant.

2°) Les condensateurs humides, eux, devront être utilisés à la moitié de leur tension limite un excès de tension, provoquant une décomposition électrochimique de l'électrolyte, avec formation de bulles gazeuses, et création du brouillard électrique, ce qui donnerait aussi dans le haut parleur un souffle continu, que l'on pourrait confondre, par moment, avec un souffle organique.

Les organes de liaison devront être tels qu'ils permettent aux oscillations électriques de passer d'une lampe à la suivante sans :

A) Introduire de déformation du timbre, c'est-à-dire sans troubler le rapport des amplitudes entre son fondamental et chacune des harmoniques.

Pour arriver à ce résultat il faut employer des résistances et des capacités, à l'exclusion de tout autre procédé de liaison, tels les selfs ou les transformateurs.

Pour permettre exclusivement le passage des courants ondulés d'une lampe, à la suivante, il sera fait usage d'un condensateur.

Or, si « C » est la capacité du condensateur; « F » la fréquence du courant le traversant, la résistance apparente à ce passage sera :

$$R = \frac{K}{FC}$$

Autrement dit, l'organe sera d'autant plus efficace que la fréquence sera élevée et que la capacité sera grande.

Cependant, il serait illusoire d'espérer d'accroître considérablement le rendement pour les fréquences peu élevées, comme celles qui nous intéressent puisque les vibrations cardiaques sont de fréquences peu élevées, en augmentant la valeur de la capacité.

Néanmoins, nous voyons que les fréquences élevées sont toujours un peu favorisées. Pour les atténuer, il suffit de placer une capacité relativement grande entre l'organe de liaison et la masse; dans ces conditions, le passage s'effectue indépendamment de la fréquence par une bande passante relativement large.

B) Introduire des oscillations parasites. C'est un point qui ne demande que des soins de choix de matériaux.

C) Permettre aux oscillations parasites d'origine acoustiques de s'amplifier.

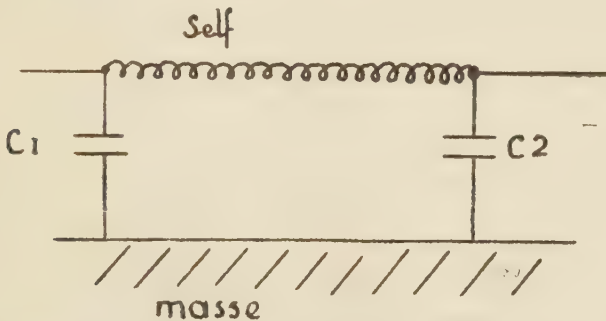
Les bruits cardiaques sont composés d'oscillations de fréquences peu élevées.

Il est donc possible, à l'aide de filtres, supprimant les fréquences supérieures à 1.000 par seconde, par exemple, d'éviter en grande partie l'amplification des fréquences supérieures, provenant des bruits faits à peu de distance du patient.

D) Permettre l'amplification et la détection des fréquences très élevées, porteuses des crépitements et arcs des appareils à rayons ultra-violets et haute fréquence.

Contrairement à une opinion assez répandue, les filtres destinés aux fréquences de l'ordre de 1.000 par seconde, peuvent très bien laisser passer des oscillations très élevées de l'ordre de 100.000.000 par seconde. Ces oscillations appliquées par suite de l'amplification, à la grille des lampes, peuvent subir une détection partielle et imparfaite, et permettre l'audition de leur fréquence de modulation relativement graves, ce qui couvrirait l'audition des bruits cardiaques.

Au cours de nos essais nous avons trouvé qu'il était essentiel pour éviter toute action de ces ondes, qui circulent particulièrement le long des murs des canalisations de gaz, d'électricité et d'eau, de blinder entièrement tous les organes de liaison amplificateur, préamplificateur, microphone, cordon microphonique, et même de réunir au sol le patient, son corps pouvant constituer une antenne réceptrice, et les oscillations captées traverser le blindage du microphone.



En choisissant de bonnes valeurs de S , de C_1 et de C_2 on arrive à supprimer le passage des fréquences supérieures à une valeur déterminée.

CHOIX D'UN HAUT PARLEUR.

Il existe trois sortes de haut parleurs;

a) Electro magnétique;

b) Electro statique;

c) Electro dynamique;

A) Les hauts parleurs électro magnétique sont les premiers en date, les plus simples et les plus sensibles. Mais malheureusement :

1°) Ils créent des harmoniques élevées :

2°) Ils ont une reproduction très défectueuse des sons graves, ce qui condamne son emploi dans la réalisation de nos projets;

B) Les haut parleurs électro statique ont une grande vérité de reproduction, mais ils sont extrêmement délicats. Ils sont peu employés car ils sont souvent dérégles ce qui nécessiterait un personnel technique qui fait complètement défaut dans les hôpitaux où notre appareil est appelé à fonctionner.

De plus, une forte tension leur est nécessaire, c'est pourquoi nous nous sommes peu arrêtés à ce type, nous attachant surtout à choisir entre les deux autres qui sont d'un emploi beaucoup plus simple et beaucoup plus constant.

C) Il reste donc le haut parleur électro dynamique, c'est le plus répandu à l'heure actuelle, et il a atteint un tel degré de perfectionnement, que son emploi est excessivement simple. De plus, placé derrière une lampe finale du type pentaode, la reproduction est très fidèle surtout pour les notes graves.

*
**

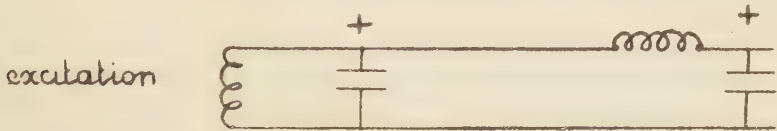
Il est nécessaire que notre haut parleur soit muet, en l'absence des sons cardiaques.

Beaucoup de ces appareils font entendre un bourdonnement grave qui pourrait nuire, en s'ajoutant aux sons cardiaques à étudier.

Ce bourdonnement tient du fait que ce haut parleur est sensible aux fréquences basses et en particulier aux 50 périodes seconde (fréquence habituelle des réseaux d'alimentation en courant alternatif), et a ses harmoniques, qui existent sur le réseau et résultent des conditions locales. (Emploi de moteurs, de transformateurs) d'appareils de R X. et U. V.).

Ces courants parasites agissent sur l'oscillatrice du haut parleur et s'induit dans la bobine mobile et le circuit de cette dernière étant fermé par la lampe de sortie, il en résulte des actions mécaniques, d'où bourdonnement. Un filtrage soigné a donc été nécessaire.

Devant le circuit d'excitation, une cellule constituée par deux capacités électrolytiques de 16 microfarad et une self de 30 millihenrys ont été employées.



Nous avons donc à notre disposition un organe amplificateur constitué par un microphone et des lampes. Le son transformé en vibrations électriques est restitué à l'aide d'un haut parleur électro dynamique.

Malgré tous les soins que l'on a pu porter à la construction de cet ensemble, une nouvelle difficulté surgira du fait même de l'émission sonore du haut parleur.

Ces vibrations, en effet, se propagent dans les locaux d'expériences, et atteindront fatalement, et d'une façon plus ou ou moins intense, suivant les lieux, le microphone et les organes amplificateurs, en particulier les lampes.

Nous avons vu plus haut l'effet spécial des vibrations sur les lampes. Nous savons que c'est le phénomène de Larsen, qui oblige à blinder acoustiquement les organes amplificateurs

La réaction du son sur le microphone peut être encore très sensible. En effet, entre le microphone et le haut parleur il existe un coefficient d'amplification considérable, d'ailleurs très difficile à définir :

L'énergie sonore d'un appareil peut se définir par la valeur de l'énergie passant par seconde à travers une sphère dont le centre est à l'appareil lui-même.

En principe cette énergie est indépendante du rayon de la sphère. Il en résulte que l'énergie qui frappe une surface S déterminée est égale à l'énergie passant par la sphère multipliée par :

l'angle solide sous lequel on voit la surface depuis l'émetteur

$$4 \pi$$

L'angle solide, pour une même surface; étant inversement proportionnel au carré de la distance, (il s'agit de surface déjà placées à une grande distance) l'action du haut parleur sur le micro sera inversement proportionnelle au carré de la distance entre ces deux appareils, à condition que nous travaillions dans un espace vide de tout corps. En réalité le problème est bien plus complexe, dès que nous nous trouvons en présence de couloirs de cavités de résonnance, etc... etc...

Soit donc un son d'origine quelconque venant frapper le microphone.

Ce son est immédiatement restitué par le haut parleur sous forme amplifiée, et au bout d'un temps variable, suivant la distance haut-parleur-micro, il vient ensuite ébranler ce dernier, et trois cas se présentent.

a) ou bien l'ébranlement secondaire sera plus petit que l'ébranlement initial, dans ce cas, au bout d'un temps plus ou moins long, il y aura l'amortissement;

b) l'ébranlement secondaire est de même ordre de grandeur. Dans ce cas le phénomène sera entretenu en oscillations d'amplitude constante.

c) L'ébranlement secondaire est plus grand que le bruit initial.

L'amplitude va, croissante, on atteint la saturation des lampes (phénomène déjà étudié) et la conséquence est la destruction des lampes, fait déjà signalé.

Pour lutter contre ce retour du son nous avons à notre disposition plusieurs moyens dont le meilleur est la distance.

On comprend, en effet, aisément, que plus la distance est grande entre le microphone et le haut parleur, moins les sons émis par le haut parleur ont de chance de parvenir avec une force appréciable au microphone.

D'ailleurs, nous avons d'autres moyens, d'éliminer ce retour du son :

L'idéal serait évidemment la construction d'une cabine in-sonore, dans la salle même où est le haut parleur qui contiendrait le malade et le microphone. Mais cette éventualité présente quelques difficultés de réalisation pratique qui rendent un peu compliqué son emploi.

Il ne nous reste donc plus qu'à user de tout ce qui peut arrêter les sons :

Portes, tentures de velours, etc..., d'ailleurs tous ces moyens seront décrits plus loin dans notre exposé.

CHAPITRE II.

Description et Fonctionnement de l'Appareil d'auscultation collective réalisé à l'Hôpital Tenon.

L'Installation de l'Hôpital Tenon a été effectuée par nous, sous la direction de notre Maître, le Professeur agrégé Lian et avec la collaboration de notre ami, M. G. Minot, ingénieur, en tenant compte de toutes les considérations précédentes. Elle comprend principalement :

1°) L'amplificateur et le haut parleur placés dans l'amphithéâtre ou les bruits du cœur seront écoutés par un auditoire nombreux.

2°) Le microphone et l'appareil préamplificateur situés dans une petite salle à 25 mètres environ de l'amphithéâtre et acoustiquement isolés par plusieurs portes fermées.

Les deux appareils sont réunis électriquement par une canalisation blindée, contenant les fils électriques nécessaires :

a) pour alimenter en courant redressé, parfaitement filtré, le préamplificateur, à partir de l'amplificateur qui contient des organes de redressement, et les multiples cellules du filtrage;

b) pour transporter depuis le préamplificateur jusqu'à l'amplificateur final les oscillations électriques amplifiées, images fidèles des oscillations sonores captées par le microphone.

Les deux extrémités de cette canalisation sont matérialisées par des prises de courant à multiples broches qui permettent le branchement rapide des appareils d'amplification ou de préamplification.

Le blindage, c'est-à-dire, l'armature métallique de la canalisation est relié électriquement au sol (canalisation d'eau de l'hôpital).

1°) Salle du pré-amplificateur.

Cette salle abritera un lit sur lequel s'étendra le patient pour rendre l'auscultation plus aisée et permettre d'en prolonger.

ger la durée sans fatigue. Notons que l'auscultation dans cette position nous est permise par l'emploi des microphones non dérivés du microphone à charbons, dont se servait le pionnier de la question : Lutembacher.

En effet, comme nous l'avons dit plus haut, les pastilles microphoniques utilisées à l'époque présentant une sensibilité très différente suivant l'inclinaison, sensibilité qui s'annulait même dans la position que nous trouvons plus favorable à l'auscultation, à savoir, le plan de la membrane du microphone horizontal.

Notons, en outre, que les microphones dont nous nous servons rendent possible l'auscultation d'un malade dont l'état grave ne permet pas d'autre position.

Le Microphone du type électro-magnétique ou électro-dynamique est enfermé dans une boîte métallique.

Une canalisation souple, métallique, prolonge le blindage de l'appareil, abrite les fils de liaisons du microphone vers le pré-amplificateur et est relié à la masse métallique du caisson de ce dernier.

C'est là, en effet, où la précaution du blindage est essentielle, car nous nous trouvons avant le premier étage d'amplification et dans ces conditions l'appareil présente une sensibilité considérable aux ondes électro-magnétiques, aux ondes herdziennes des stations de T. S. F. ou des installations des rayons X., rayons ultra-violets ou de haute fréquence, qui se trouvent dans les hôpitaux.

Cette canalisation, comme toutes les autres armatures se trouvent réunies au sol.

Dans le cas où l'on se sert du microphone électromagnétique, celui que nous avons choisi, la membrane elle-même qui est de fer doux termine le blindage d'une façon parfaite. Malgré toutes ces précautions, il est nécessaire d'éviter de placer à proximité du micro ou de son blindage une masse semi-conductrice susceptible de créer un rayonnement à la façon d'une antenne. C'est pourquoi nous avons reconnu nécessaire pendant le fonctionnement de certains appareils perturbateurs puissants de relier le sujet au sol en lui faisant tenir simplement à la main le blindage de la canalisation souple, reliant le microphone au pré-amplificateur.

Si l'appareil est très sensible aux perturbations électriques, il l'est aussi, par construction aux vibrations sonores, du moins

en ce qui concerne le microphone proprement dit; et il est nécessaire de prévoir un blindage acoustique en plus du blindage électrique dont nous venons de parler.

Mais alors que le blindage électrique peut être réalisé de façon presque parfaite, le blindage sonore est bien plus délicat et il n'est pas possible d'arriver à une solution complète autrement qu'en faisant appel à une cabine isolant le patient, le pré-amplificateur et le micro de tous les bruits extérieurs. Nous ne l'avons pas fait faute de ressources suffisantes.

Dans la plupart des cas, quand les bruits extérieurs ne sont pas trop considérables, on atteint un résultat très satisfaisant en recouvrant le micro d'un oreiller.

le Pré-amplificateur constitué par un meuble de bois épais et dense repose sur un tapis de caoutchouc mousse ayant pour mission d'arrêter la propagation des ondes sonores vers la première lampe amplificatrice à chauffage direct, qui est comme nous l'avons vu précédemment très microphonique.

A l'intérieur de ce meuble se trouve : 1°) un caisson métallique qui blinde tous les organes de préamplification ainsi que l'accumulateur destiné au chauffage de la première lampe amplificatrice. 2°) des lampes équipant les premiers étages d'amplification.

Le meuble du pré-amplificateur abrite en plus du caisson un chargeur à redresseur thermo-ionique à vapeur de mercure permettant l'entretien de l'accumulateur que nous venons de voir.

La vigueur de charge de ce dernier a été choisie relativement faible afin de pouvoir le laisser sans inconvénient pour sa durée et sans dépense exagérée du courant, se charger pendant 24 heures.

Le caisson métallique relié au sol contient les organes de pré-amplification, savoir :

La première lampe à chauffage direct et microphonique, la deuxième lampe à chauffage indirect.

La première lampe est montée sur un support élastique destiné à arrêter si possible les vibrations de très faible amplitude qui pourraient parvenir à son embase ce qui pourrait provoquer des vibrations par choc de ses organes internes, se traduisant par des sons de cloches dans le haut-parleur. Le support de la deuxième lampe a été établi sans précautions spéciales d'ordre acoustique.

Pour éviter toute réactions électriques parasites entre les deux étages d'amplification, un écran métallique sépare ces deux derniers.

De plus, des organes de liaison : condensateurs, résistances bobinées, sont disposés dans le caisson de façon à réduire au strict minimum la longueur des fils de connexion.

Le pré-amplificateur se trouve relié à la canalisation blindée, qui va à l'amplificateur de l'amphithéâtre par un cordon également blindé et terminé par une fiche à pôles multiples destinée à la prise de courant.

C'est à l'amphithéâtre que se trouve l'amplificateur proprement dit, ainsi que les hauts parleurs électro-dynamiques dont l'un se trouve à l'intérieur même du meuble abritant les organes d'amplification et de redressement de courant.

Deux hauts parleurs supplémentaires peuvent être branchés aisément.

L'appareil amplificateur est relié à la canalisation blindée, de liaison avec le pré-amplificateur à l'aide d'un cordon souple blindé et dont l'armature est reliée au sol.

L'appareil amplificateur est constitué principalement par un châssis métallique sur lequel sont fixés tous les organes d'amplification et de redressement. Ce châssis est également relié à l'armature des différentes canalisations, c'est-à-dire au sol.

Tous les organes susceptibles de capter des parasites, soit par phénomènes électro-statiques, soit par phénomènes électro-magnétiques, sont eux-mêmes blindés et le blindage est relié au sol par l'intermédiaire du châssis métallique.

Un cordon terminé par une fiche sort également de l'appareil et permet le branchement de la canalisation de lumière du secteur électrique.

Un interrupteur prévu sur ce cordon permettra la mise en route et l'arrêt de l'appareil.

Les lampes de l'amplificateur sont au nombre de trois.

La première est utilisée pour redresser le courant et est une valve double à 2 filaments et 2 plaques, permettant par son montage avec un transformateur comportant deux secondaires à 250 volts chacun le redressement de deux alternances ce qui facilite beaucoup le filtrage du courant.

Ce même transformateur assure à l'aide d'un troisième secondaire à 4 volts, le chauffage des filaments de cette valve tétraode sous deux ampères.

La deuxième lampe est une lampe basse fréquence de puissance, pentaode qui attaque directement le transformateur de sortie du ou des haut-parleurs électro-dynamiques. La tension appliquée à la plaque et à la grille écran de cette lampe étant de 250 volts environ, l'intensité dans la plaque est de 50 milliampère, ce qui fait une diffusion d'une énergie de 12 watts 5, la puissance modulée peut être sans distorsion de 3 watts, ce qui correspond à une puissance sonore considérable même dans une grande salle (amphithéâtre).

Cette lampe est chauffée sous 4 volts 2 ampères à l'aide du 4^e secondaire du transformateur, c'est une lampe de sortie et est à chauffage direct. Elle a été choisie avec grand soin dans un lot de plusieurs lampes du même type comme présentant un ronronnement minimum.

La 3^e lampe, qui est la lampe d'entrée de l'amplificateur proprement dit est également du type pentaode, mais du type pentaode à grande résistance interne de l'ordre du mégohm.

Elle est reliée à la lampe précédente à l'aide d'un ensemble de résistances et de capacités laissant passer sans distorsion les fréquences comprises entre 50 et une valeur variable et inférieure à mille vibrations-seconde. Cette valeur peut varier par simple rotation d'un bouton.

L'intensité des oscillations passantes étant elle-même réglée par un second bouton.

Cette troisième lampe est attaquée directement par les oscillations amplifiées provenant, par l'intermédiaire de la canalisation blindée, de la 2^e et dernière lampe du pré-amplificateur à chauffage indirect et d'un type anti-microphonique, de plus, elle est blindée, les connexions qui y aboutissent sont elles-mêmes blindées et réunies au sol.

Les canalisations aboutissant au haut-parleur sont aussi réunies au sol après blindage pour éviter le retour vers les organes amplificateurs des oscillations électriques par capacité, ce qui donnerait lieu à un phénomène de reflux électrique assez comparable en ses conséquences sonores au phénomène de retour du son vu précédemment.

CHAPITRE III.

Boutons de manœuvre.

A) *Pré-amplificateur :*

Au préamplificateur il y a deux boutons à tout ou rien.

a) celui de droite permet la mise en route ou l'arrêt du dispositif de changement de l'accumulateur à l'aide du réseau d'éclairage.

b) le bouton de gauche permet l'allumage des lampes équipant le pré-amplificateur, il sert donc à la mise en circuit de l'accumulateur.

L'alimentation haute tension de cet appareil entre en fonction par la mise en route de l'amplificateur placé dans l'amphithéâtre. Un voltmètre dont le cadran se trouve sur la façade du meuble du pré-amplificateur indique, lorsque l'on chauffe les lampes, si la tension de l'accumulateur reste constante et est voisine de 4 volts.

B) *Amplificateur :*

Là aussi il y a deux boutons.

a) celui de droite permet de faire varier la limite des fréquences tolérées par les filtres, de 500 à 1.000 vibrations secondes.

Ce bouton a son utilité : 1°) pour sélectionner certains bruits du cœur; 2°) au cas où on utiliserait notre appareil pour l'auscultation pulmonaire. Nous savons, en effet, que les vibrations recueillies aux poumons sont de fréquence plus élevée que celles du bruit du cœur.

b) celui de gauche permet d'ajuster l'intensité de l'audition aux dimensions de l'amphithéâtre, à la nature des bruits intéressants et au nombre de spectateurs.

Il est reconnu qu'indépendamment du bruit inhérent à toute

assemblée, même tranquille, attentive et patiente, il est nécessaire de tenir compte du pouvoir d'absorption des ondes sonores des vêtements.

Ce bouton nous est donc d'une grande utilité qui nous permet d'obvier à cet inconvénient en augmentant l'intensité d'amplification.

Il agit directement sur la tension de la grille accélératrice de la 2^e lampe de l'amphithéâtre.

*
**

FONCTIONNEMENT DE L'ENSEMBLE.

Les appareils étant reliés aux canalisations d'éclairage et de liaison, le microphone est mis en bonne place sur une peau nette de tous poils et est recouvert par un oreiller le patient étant couché sur le dos.

On met l'accumulateur du pré-amplificateur en service à l'aide de son bouton, le bouton de chargement étant au repos, il faut vérifier que la tension est aux environs de 4 volts par lecture du cadran du voltmètre.

L'amplificateur est mis à son tour en service grâce à la fiche du réseau, au bout de quelques instants on percevra l'audition, et il suffira de la régler avec les deux boutons désignés au chapitre précédent.

A la suite de ces différentes opérations, en effet, les lampes se sont chauffées, la valve a effectué son travail de redressement, la tension redressée parfaitement filtrée a permis l'alimentation des lampes de l'amplificateur, et par l'intermédiaire de la canalisation blindée, l'alimentation en haute tension du pré-amplificateur, la basse tension étant déjà fournie par l'accumulateur.

*
**

Pour l'avenir, nous disposons grâce à cet appareil d'un courant électrique puissant, image fidèle et agrandie des oscillations acoustiques faibles recueillies aux points d'auscultation par le microphone.

Il est évident que la transformation de ce courant en énergie sonore, transformation que nous avons effectuée avec suc-

cès, n'est pas notre seule possibilité. On peut transformer ces oscillations électriques en vibrations mécaniques, permettant de moduler un sillon dans un disque ou sur un ruban métallique, la rotation de ce disque ou le passage de ce ruban dans un appareil approprié nous permettant une reproduction sonore assez fidèle des bruits initiaux, reproductions utiles pour les conférences, les cours et les leçons, et en résumé pour tout ce qui touche l'enseignement et l'éducation auditive des étudiants.

Ces mêmes oscillations électriques peuvent permettre la création d'un champ électrique ou magnétique, oscillant lui-même capable de modifier le trajet d'un rayon corpusculaire cathodique par exemple émanant d'un foyer puissant de ces rayons; le point d'impact de ces corpuscules plus ou moins déviés de leur droit chemin, étant une pellicule cinématographique vierge se déroulant perpendiculairement au plan du champ lumineux.

Le développement de la pellicule donnant un tracé fidèle des oscillations électriques par rapport au temps c'est-à-dire des sons eux-mêmes.

Le déroulement ultérieur de la pellicule dans un appareil analogue aux appareils de cinémas parlants doit restituer aux auditeurs les bruits du cœur. La vérité de reproduction ultime par rapport à l'audition initiale permettra d'apprécier la valeur réelle de tous les organes intermédiaires (microphone, préamplificateur, lampes organes de liaison, pellicule), comme le font si justement remarquer Loepper, Lemaire et le premier en date, peut être, Lutembacher.

*
**

Il n'est pas de perfectionnement dans un domaine scientifique qui ne soit une pierre apportée à l'édifice du Progrès.

Ce modeste appareil permettant l'amplification des bruits du cœur, leur perception immédiate, réelle et décuplée par tous les auditeurs d'un amphithéâtre est incontestablement une amélioration de l'Expérience, plus sensible à l'Etudiant, moins pénible au patient.

De plus le cas pathologique exceptionnel sera retenu, car il pourra être enregistré, les observations auxquelles il don-

nera lieu auront d'autant plus de portée que les particularités qui en sont l'objet auront été propagées par l'audition.

Le commentaire du Maître s'enrichit de l'impression auditive ou visuelle immédiate perçue par tous au même moment.

Possibilités plus grandes que le cas particulier intéressant — le beau cas — qui pourrait être sélectionné, relevé et conservé pour l'initiation des étudiants de demain, à l'exemple de ces graphiques dont les statisticiens sont fiers et jaloux.

L'œuvre des aînés ne survivrait pas uniquement dans des ouvrages que le temps démode, mais l'image et le son pris ensemble ou séparément seraient également transmis toujours jeunes, toujours vivants.

L'expérience fixée comme un indélébile souvenir serait léguée aux générations futures avec tout ce qu'elle comporte d'enseignements et de possibilités, en même temps que ces richesses, que constitue le patrimoine intellectuel à nous légué à la manière du flambeau du Progrès.

CONCLUSION

Nos diverses recherches poursuivies à l'Hôpital Tenon dans le service de M. le Professeur Lian, nous ont conduit à la réalisation d'un appareil composé de quatre éléments.

1. Un microphone destiné à transformer les bruits du cœur en oscillations électriques.

2. Un micro amplificateur destiné à l'amplification des oscillations de très faible amplitude issues du microphone.

3. Un amplificateur proprement dit.

4. Un ou plusieurs hauts parleurs transformant l'énergie électrique en énergie sonore.

Nous pensons avoir ainsi démontré la possibilité de l'audition collective et simultanée des bruits du cœur à l'aide d'un haut parleur, en utilisant comme source auxiliaire d'énergie le courant du secteur.

Vu, le Président de Thèse :
STROHL.

Vu, le Doyen :
G. ROUSSY.

Vu et permis d'imprimer,
Le Recteur de l'Académie de Paris,
CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

LUTEMBACHER.

L'auscultation électrique. Multi et téléauscultation. *Presse Médicale*, 27 janvier 1926.

IGNACIO CHAVEZ ET TEODORO FLORES.

L'Electrophoneudoscopie. *Presse Médicale*, 11 janvier 1933.

LOEFFER ET LEMAIRE.

A propos de la phonocardiographie. Société Médicale des Hôpitaux de Paris, 16 janvier 1934.

